【基調論文】

ADSLブロードバンドアクセスサービス

ユビキタスアクセス事業部
ユキビタスアクセス統括部長
福田　節
Fukuda Misao

ユビキタスアクセス事業部
第一技術部長
助川　聖
Sukegawa Kiyoshi

ユビキタスアクセス事業部
第一技術部
長谷川　一知
Hasegawa Kazutomo

1. まえがき

今日，国内におけるインターネットサービスの契約数はついに3000万加入を超え，その内，2000万加入がブロードバンドサービスを享受している。とりわけADSL（Asymmetrical Digital Subscriber Line）サービスの契約数は1400万加入を超え，それはブロードバンドサービスのほぼ70％を占める。2001年初頭からの同サービスの本格的な開始以来，この5年という短期間においてその契約数に達したことは，旧来の通信サービスの加入伸長度に比較して驚異的なものであり，ADSLサービスこそが今日のブロードバンドアクセスサービスの牽引者であったことは間違いないであろう。

21世紀を目前として，ビジネス用途から世代を問わないパーソナル用途のインターネットの爆発的な浸透へのトリガを探求していたとき，既存の電話回線用メタリックケーブルを利用してメガビット・クラスのブロードバンドアクセスサービスを極めて経済的に，かつ手軽に実現できるADSLサービスこそが時代の要請に合致していたと言える。

一方，それから5年を経た今日，2005年6月に初めて，3か月間のFTTH（Fiber To The Home）サービスの加入契約数が，ADSLサービスのそれを超えた。ADSLサービスの契約数はそれでも毎月，10万加入超を維持してはいるものの，いよいよブロードバンドアクセスサービスの主役をFTTHサービスに譲り渡そうとしている感がある。

このようなADSLサービスのまさに成熟期にあって，本稿では，ADSLサービスの驚異的な普及の源は何であったか，その背景には何があったのかを振り返り，普及を支えた国内外における極めて活発であったADSL伝送方式の技術標準化活動と合わせ，当社におけるADSL機器開発の5年間の歴史を辿ってみたい。また，FTTHサービスの本格的な普及の端緒についた今日，これからのADSLを含めた既存のメタリックケーブルによるブロードバンドアクセスサービスの担う役割についても概観したい。

2. ADSLサービス

2.1 ADSLサービスの普及の流れ

ADSL伝送技術は，今を遡ること16年前の1989年，米国におけるISDN（Integrated Service Digital Network）の2B1Q（2 Binary, 1 Quaternary）ラインコード[注1)]を適用した北米標準化の制定を機に，当時のDSL研究者，技術者により，既存の電話回線用メタリックケーブルを利用した次世代の，究極の高速DSL技術の研究対象として提案された。米国の通信研究機関であったBellcoreによって提案されたADSLは，その後，同じくスタンフォード大学

注1）ISDNの北米標準仕様として制定された，2ビットのデータを4値振幅に割り当てる伝送路符号。

が提案したDMT（Discrete Multi Tone）技術[注2)]をベースとして，米国のANSI（American National Standardization Institute）[注3)]，DSL Forum[注4)]，更にはITU-T（International Telecommunication Union）[注5)]等での国際標準化活動を経て1999年末に実用化に至った。ISDNの研究が1978年頃に開始され，日本における本格的なISDNサービスであるINS64（Information Network System，64kbps）が1988年に始まったことに思いを巡らすと，DSL技術はどうやらほぼ10年周期で大きな変容，進化，そしてビジネス的な革新をもたらすようだ。ちなみにADSLが初めて提案された際に目標とされた伝送速度は下り方向が1.5Mbps，上り方向は高々16 kbpsである。国内においては1996年頃から，ADSLサービス用のLSIや機器の開発と合わせ，ADSLシステムの実用化に向けた基本検討が開始された。その後のフィールドトライアルなどにより実用性が確認され，1999年末のADSL試行サービスの開始に至った。

20世紀末前後は，国内外においてインターネットを核としたIT（Information Technology）革命を旗印に，政策的にそれをいかに実現するかに躍起となっていた時期である。国内においてもe-Japan構想が発表され，ITとインターネットを社会的に活用することによって，産業競争力の一層の強化に基づいた経済的な活性化を図り，世界第2の経済大国からなお一層の経済的発展を図らんとしていた。インターネット政策：e-Japanイニシアティブで謳われたネットワークインフラストラクチャーに関する基本的な政策方針をここで改めて引用したい。「競争原理の一層の徹底を通じたアクセス網の多様化による料金低廉化・広帯域化」，すなわち「ネットワークインフラストラクチャーに関する政策課題として，通信料金の低廉化や広帯域アクセス網の実現，これらの全国展開等が存在する。これらの課題に対しては，事業者間競争を図りつつ多様なアクセス網の導入を促進すること，また，全国における広帯域インターネットの利用機会を確保することが必要であろう。」とした。アクセス網，料金低廉，広帯域，および競争をキーワードとするならば，正にこの基本政策に沿って発展し，成功を収めたのがADSLサービスである。

ADSLサービスが今日の普及に及んだ要因として以下が挙げられよう。

2.1.1 ADSLの経済性

ADSLは既存の電話回線用メタリックケーブルをほぼそのまま利用できるため，光ファイバーの新たな敷設などを必要とせずに初期投資費用を最小限に抑圧できた。また，ADSLサービスに必要な宅内機器は直接，加入者に配送され，自身の手で設置可能（DIY：Do It Youeself）な簡易なものであったため，工事など必要とせずにサービス運用費用も最小限に抑圧できた。

2.1.2 ADSLの広帯域性

ADSLは1999年当時でも下り方向に1.5Mbps，上り方向に512kbpsの伝送速度を確保しており，それまでの伝送速度である64kbpsのISDNに比較しても優に20倍を超える広帯域性を有していた。

また，メタリックケーブルの性能限界から，ADSLでは技術的に下り方向の伝送速度を優先させた非対称方式であったが，これがインターネットアクセスになんら支障を来たさない伝送方式であった。さらに，お隣の韓国では下り方向に8 Mbpsのサービスも開始されており，将来の一層の広帯域化が期待できた。

2.1.3 ADSLの競争性

新たなADSL事業者によるサービスの開始や，ADSL事業者間の競争を促す観点から，電話回線用メタリックケーブルの利用に対し規制緩和が図られた。日本電信電話株式会社様以外の事業者がADSLサービスを広く展開できるよう，先ず第一に，一対のメタリックペア線において従来のアナログ電話サービスに使用されていた4 kHz（正確には26kHz以上）を超えた帯域が，ADSLサービスのために新たなADSL事業者に開放されたのであ

注2）使用する帯域を数kHzごとに分割して，個々にQAM技術を用いてデータ通信する方式。
注3）米国における標準化推進機関。
注4）米国にあるDSL標準化推進グループ。
注5）国連の専門機関の一つである国際電気通信連合の電気通信標準化部門。

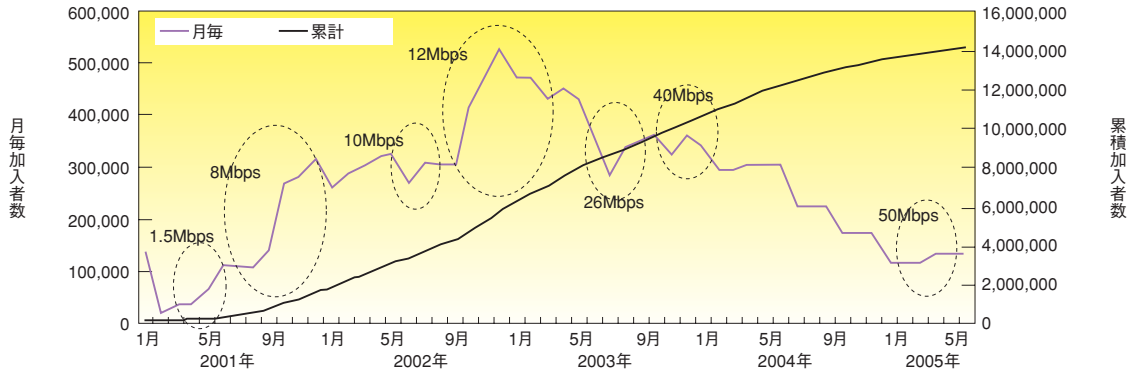


図 1　ADSL 加入者数推移

る。このラインシェアリングの条件や，更にはほかの事業者がある程度の自由度を確保した上で局舎に自社の機器を設置できるコロケーション条件などの整備が行われた。

その結果，上記の経済性，広帯域性と合わせて今日まで続く新旧 ADSL 事業者間のし烈な ADSL サービスの拡大競争が展開された。

加入者側の視点からみれば，従来のダイヤルアップによる ISDN やデータモデムによるインターネットサービスでは 3 分，10円相当の利用料金であったものが，定額料金，かつ常時接続によるブロードバンドインターネットサービスを享受でき，しかもそれが毎月，数千円で済むこととなり，経済性を主としたその利用環境が大きく変わったことも見逃すことはできない。

こうした背景から ADSL サービスの展開に向けた条件や環境，法規制が整った 2001 年に入り，幾多の新規 ADSL 事業者が参入し始め，ADSL サービスによる事業拡大，加入者獲得競争の火ぶたが切って落とされた。その最大の武器は国外では例を見ない飽くなき高速化への追求にあった。

図 1 に 2001 年初頭から今日に至る国内の ADSL 加入者数の推移を，総務省による公表データに基づき，5 年間の月ごとの加入者数と累計の加入者数とで合わせ示す。

主要な新規 ADSL 事業者の参入は 2001 年初頭から下り方向が 1.5Mbps の ADSL サービスによって開始された。ADSL サービスの機器サプライヤとしての当社は，いち早く高速・広帯域化への要求を予見し，同年，9 月に 8 Mbps の機器を他社に先駆けて開発することにより市場参入を果たした。このときが，ADSL 事業者間の高速化競争の幕開けでもあり，ADSL 加入者数の第一の急峻な伸長を見た。その翌年の 2002 年に当社は LSI サプライヤと協力して唯一，10Mbps 化を実現し，同年，9 月の 12Mbps 化に繋げた。このとき，ADSL 加入者数の第二の急峻な伸長を見，単月で全国において 50 万を超えるという加入数ピーク値を記録した。その後，ほぼ 2 年間をかけて 26Mbps 化，更には 40Mbps 化を果たし，今日の ADSL 技術の発端時には想像の域にも入っていなかった 50 Mbps 化という高速・広帯域サービスに至った。図からも分かるように，一層の高速化サービスの開始が単月加入者数の復旧をもたらしている点は，ADSL 事業者間の高速化によるプロモーション効果によるものとも言えようが，いかに加入者が高速・広帯域化への欲求が強かったことか，言を待たないであろう。

こうした 5 年間に及ぶ ADSL サービスの高速化競争を経て，e-Japan イニシアティブの目論みどおりにその加入者数は 2005 年 6 月に 1400 万を超えるまでに至った。

ADSL サービスへの機器サプライヤとして，当社も 2003 年の 26Mbps 化を機に，ADSL モデムの 100 万台を超える提供を果たすことができた。過酷な競争時には半年間に 2 度の高速化開発を推進してき，タイムリーに同サービス用機器を市場に提供できたことに，また今日の誰もが手軽に享受できるブロ

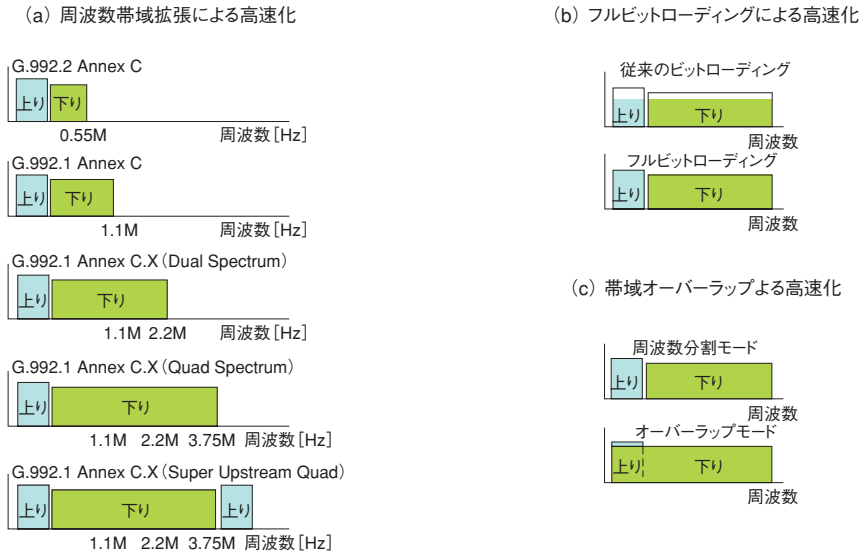


図 2　ADSL の高速化

ードバンドアクセスサービスの浸透に多少なりとも当社が寄与できてきたことに望外の喜びを禁じえない。

2.2　ADSL サービスの高速化の流れ

高々 4 kHz帯域の使用に設計された既存の電話回線用メタリックケーブルを利用してADSLによるメガビットクラスの高速伝送を可能としたのは，一つは，それまでのISDN伝送などに用いられていたベースバンド伝送方式から，目覚しいLSIデバイス技術の進展に伴い，DSLに複雑な，高速なデジタル信号処理を必要とするQAM（Quadrature Amplitude Modulation）[注6]や，その拡張であるDMTなどのパスバンド伝送方式の適用が可能となった点，一つに，下り方向と上り方向の信号分離にFDM（Frequency Division Multiplexing）方式を採用し，一対のメタリックペア線によって双方向伝送を可能にした点にある。したがって，ADSLサービスの一層の高速化に対しては，ADSL伝送周波数帯域の拡張と，それを現存の経済的なLSIデバイステクノロジによっていかに効率よく実現するかが基本であった。

図 2（a）に，下り方向が1.5Mbpsから50 Mbpsに至る逐次の高速化に対応したADSL伝送周波数帯域利用の拡張を模式的に示す。

注 6）デジタル変調方式の一つで，信号の同相，直交成分を独立チャネルとして設定することができる。

下り方向に1.5Mbps，上り方向に512kbpsの伝送速度を提供するいわゆるG.lite（国内では，ISDNとの共存を維持したG.992.2 Annex C方式）では，下りに138kHzから512kHz，上りに26 kHzから138kHzの伝送周波数帯域を割り振った。2001年 9 月の本格的な高速化競争の先駆けとなった下り方向，8 Mbpsの実現に対しては，下り方向の周波数帯域を倍の1.1MHzに拡張したいわゆるG.dmt（同じく，ISDNとの共存を維持したG.992.1 Annex C方式）を適用している。G.liteからG.dmtの高速化では，下り伝送帯域を倍にしたことに加え，その帯域を占めるそれぞれのマルチ・トーンに割付けられるビット数を15ビット程度に最大化し，1.5Mbpsから 8 Mbpsへの高速化を図った。その様子を**図 2（b）**に示す。

さらに，当社はS＝1／2と呼ばれるリードソロモン符合によるビット誤り訂正の効率化を図ることにより，下り伝送速度が10Mbpsにまで達した機器を2002年 7 月に市場投入し，10BASE-Tによる構内LAN（Local Area Network）相当の高速伝送を公衆電話回線用のメタリックケーブルによって実現した。

更なる高速化には，FDM方式にこだわることなく，富士通㈱が1990年代初頭に既に提案していた，下り方向の伝送周波数帯域を低域にまで拡張し上り方向の帯域とオーバーラップさ

せる周波数帯域の拡張方式を採用することにより，その伝送速度を12 Mbpsにまで高めることができた。ただし，オーバーラップした下りと上りの送受信信号の分離にはエコーキャンセル処理の適用が必要であったが，高性能DSP（Digital Signal Processor）[注7)]の恩恵によってそれを実現することができた。その周波数帯域拡張の様子を**図2（c）**に示す。下り周波数帯域を更なる倍の2.2MHz，ほぼ4倍の3.75MHzとまで拡大することにより，フルビットローディングやオーバーラップモード技術を駆使しつつ，26Mbps，40Mbps，そして今日の50Mbpsに至るまでの高速化を図ることができた。なお，下り方向だけでなく上り方向においても高速化の努力が払われ，1 Mbpsから3 Mbpsに，そして2005年9月には下り方向の伝送周波数帯域の高域に上り方向の伝送周波数帯域を配置することにより12Mbps超の高速化を図っている。これは，今後，ますます利用されるであろう個人ベースの動画像ファイルのやり取りなどに有効となる。

当社は，ここまで述べてきた1.5Mbpsから50Mbpsに至る高速化開発において，特には局舎に設置されるDSLAM（Digital Subscriber Line Access Multiplexer）開発において，機器の基本アーキテクチャーは変えずに，主にはそこに搭載されるラインインターフェースカードやオペレーションシステムの開発においてのみ対応することができた。経済性を高めつつ将来の高速化を見込んで採用した，一切の装置内配線ケーブルを除去できるラインインターフェースカードとPOTS（Plain Old Telephone Service）スプリッタのバックトゥバック接続アーキテクチャーなどは，高速・広帯域伝送に最大のネックとなる漏話雑音対策ともなり，効率よく，かつタイムリーにADSLサービス用機器を提供することができた。

最新の下り方向50Mbps超，上り方向12Mbpsの伝送速度の実現を始めとしたADSL伝送方式や伝送特性の詳細については，本誌，論文「ADSLプライムサービスの提供」を参照されたい。

3. ADSL伝送方式の技術標準化活動

前章で述べてきたように，日本国内においてADSLがここまで広く普及したその背景として，長年に亘る国際標準化活動や国内のスペクトル管理基準の制定に多くの関係者が貢献してきたことが挙げられる。本章では，主にITU-TにおけるADSLの国際標準化，およびTTC（The Telecommunication Technology Committee）[注8)]におけるスペクトル管理基準の制定について，国内のADSLサービスの進化と照らし合わせながら振り返ることとしたい。

3.1 ADSL国際標準化活動

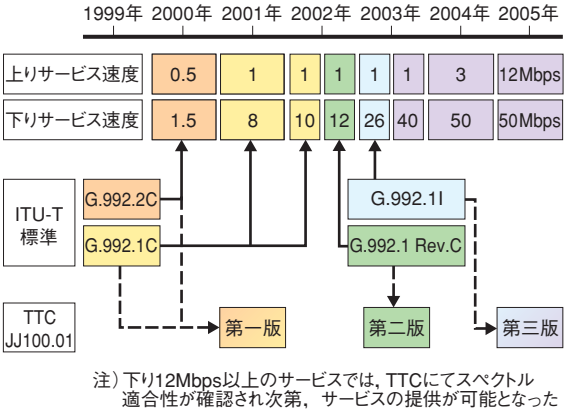
1989年のBellcoreの提案から初期段階の各種仕様の検討を経たあと，スタンフォード大学が提案した変調方式 DMTが高い評価を受けた。その後ANSIにおいて，DMT を核に標準化作業が開始され，1995年に下り6 Mbpsをターゲットとした初のADSL標準T1.413第一版が制定された。

一方，ETSI（European Telecommunications Standards Institute）においては，HDSL（High bit-rate Digital Subscriber Line）の標準化など，別途，活動を開始していたこともあり，世界統一標準の制定の機運が高まり，1997年からITU-T SG15課題4にてDSLの国際標準化作業が開始されることとなった。ADSLに関しては，T1.413をベースとしたG.992.1，およびパーソナルコンピュータへの実装を主目的として1.5Mbpsをターゲットとした G.992.2が，1999年にITU-Tにおいて制定された。

富士通㈱はITU-T SG15課題4に設立当初から参加してきた。ISDNサービスにTCM（Time Compression Multiplex）方式を採用していた日本においては，その伝送周波数帯域がADSL方式のそれと重なるため，ANSI標準T1.413をそのまま適用するとADSLとISDNとの間で相互干渉が起きてしまうという問題がその当時から知られていた。その問題を解決するため，日本からのITU-Tへの参加企業の間で，

注7）ディジタル信号処理用プロセッサLSI。

注8）社団法人　情報通信技術委員会。



注）下り12Mbps以上のサービスでは，TTCにてスペクトル適合性が確認され次第，サービスの提供が可能となった

図3　ADSLの標準化

ADSLを日本へ適用するための検討が開始された。

その後，富士通㈱が提案したスライディングウィンドウ方式が国内向けのADSL仕様の基本技術として採用されている。スライディングウィンドウ方式によって，世界標準仕様の基礎技術をそのまま採用しつつ，ISDNから受ける漏話雑音の周期的変化に柔軟に対応し，相互干渉を最小限に抑えることが可能となった。TCM方式ISDNとの共存に適した日本向け仕様は，G.992.1，G.992.2それぞれの付属勧告C（Annex C）として制定されることとなった。

その間，富士通㈱は，簡易型ADSLの普及を目的に設立された業界団体UAWG（Universal ADSL Working Group）にも，日本メーカーとして唯一参加し，G.992.2 Annex Cの制定に寄与している。

図3に，以降に述べる国内で採用したADSL標準とサービス速度を年代順に示した。

3.2　ADSL国内標準化活動

国内におけるADSLサービスの高速化競争は国際標準化の場においても大きな影響を与える要因となった。すでにITU-Tでは，主にADSL通信システムの信頼性を高める技術等を備えた新標準G.992.3（ADSL2とも呼ばれるG.992.1をベースとした標準），およびG.992.4（G.992.2をベースとした標準）が制定されており，更にG.992.3をベースに下り帯域を2倍の2.2MHzにまで拡張し，一層の高速化を狙った新標準として，G.992.5（ADSL2plus）の検討が開始されていた。

しかし，国内に関しては諸外国に例を見ないし烈な高速化競争が繰り広げられており，G.992.3等をベースとして新サービスを開発するのは時間的に困難な状況にあったため，結局，G.992.1をベースとしたまま高速化を目指すこととなった。日本のADSLサービスの高速化の急展開に，国際標準化作業が追い着いていくことができなくなってしまったのである。

2002年6月から，シェープトオーバーラップ技術によるC.X方式や長延化技術を取り込んだG.992.1 Annex Cの改定版，およびAnnex Cをベースとして，G.992.5と同等程度の高速化を実現する新AnnexをG.992.1に新設することを目的に，ITU-Tに対するアップストリーム活動としての検討が国内標準化機関であるTTCにおいて開始された。

こうしたTTCでの国内標準化活動を経て，2003年春にはITU-TにおいてG.992.5の標準制定と同時期にG.992.1 Annex Cの改定版，および新AnnexとしてAnnex Iが制定された。なお，G.992.3，およびG.992.5のAnnex Cに関しては，その後，2005年7月に制定されている。

当社は2001年末から富士通㈱に代わり，富士通グループの中でDSLに関する標準化を担うこととなった。2002年6月からのTTC，およびITU-Tにおける活動では，特にG.992.1 Annex Cの改定版の制定について大きく寄与することができた。また，G.992.3，およびG.992.5のAnnex Cに関しては，主導的な立場でその制定に取り組んでいる。

Annex Iの制定を受けて，2003年9月から26Mbpsサービスが開始された。その後，さらに，2003年末から40Mbps，2004年夏から50Mbpsサービスが開始されている。50Mbpsサービスを見込み，Annex Iのオプション技術として，Annex Iの帯域を更に3.75MHzにまで拡張したクワッドスペクトルが，一部，ITU-Tにおいて提案されていたが，再三に渡る提案にもかかわらず，主にその必要性を疑問視する他国企業からの反対を受けて，ITU-T標準としては採用されていない。そのため，各事業者ともに，40Mbpsサービス，および50Mbpsサービスは

独自仕様となっている。

こうして，国際標準仕様の制定まで待たずに独自仕様の伝送方式による高速化サービスを提供するに当たり，各方式の相互干渉によって伝送品質が劣化してはならない。そこで国内においてはいち早く高速化サービスを開始していくために，異種伝送方式の相互干渉を可能な限り低減しようとするスペクトル管理活動に国内のADSL事業者を始めとした機器，LSIサプライヤは注力した。

ここで国内のスペクトル管理基準の制定について振り返る。国内のスペクトル管理基準はTTCにおいて策定作業が実施され，2001年11月にJJ-100.01第一版が制定された。その後，2002年11月を目標として第二版の制定作業が進められていたが，し烈な競争が標準化活動の場にも持ち込まれ，2002年8月にTTCの中立性への疑念の表明やJJ-100.01の廃止を求める動きをきっかけにTTCでの作業が中断された。その後，改めて総務省情報通信審議会の配下にDSL作業班が設置され，DSLスペクトル管理の基本的要件が定められたことを受けて，再度TTCでJJ-100.01第二版に向けて議論が再開された。

JJ-100.01第二版では，保護されるべきサービスとして，第一版で定義されていたG.992.1，およびG.992.2のFDMタイプのADSLに加え，G.992.1 Annex Cの改定版 で採用されているC.X方式，更にはすでにサービスが提供されているユーザーを保護する目的から，オーバーラップ技術を用いた方式についても認められ，2003年11月に制定された。なお，JJ-100.01第二版の制定作業を進めていた2003年夏にはクワッドスペクトルのスペクトル適合性が確認されており，これを受けて，40 Mbpsサービス，および50 Mbpsサービスが開始されることとなった。

局舎から加入者宅への下り方向の高速化に関しては，50Mbpsサービスをもって技術的な限界が見えてきたことから，次は加入者宅から局舎への上り方向の高速化に関心が移っていった。ITU-Tでは上り方向の帯域拡張技術の検討が2002年から開始されていたが，上りの帯域拡張は下り信号との干渉を生じやすいため，TTCでは慎重に議論が重ねられてきた。そして，2004年夏に，上り帯域を483kHzにまで拡張した上り帯域拡張技術，および，当社が上り12Mbpsの伝送速度を実現する高速化技術として採用したSUQ（Super Upstream system combined with the Quad overlap），SUQ 2方式の双方が合意された。

その後，この合意事項の適用が確認されたうえで，JJ-100.01第三版が2005年3月に制定されている。

3.3 今後の標準化活動

ITU-Tにおいては，以前から検討が重ねられてきたものの変調方式の採用をめぐって混乱が続いてきたVDSL（Very high speed Digital Subscriber Line）の標準仕様であるG.993.1が2004年6月に制定され，その後，ADSLの標準仕様であるG.992.3とG.993.1を融合した新標準であるVDSL2の標準化作業が続いている（VDSL2は2005年5月にG.993.2としてコンセントされ，2005年10月現在，標準化に向けた承認作業中）。VDSL 2では下り，上り方向の最大速度はともに100Mbpsがターゲットとされており，いわば電話回線用メタリックケーブルの特性を極限まで使用した究極の方式ともいえる。今後は隣接回線間の漏話雑音を除去することで実効速度を上げることのできるDSM（Dynamic Spectrum Management）方式の検討も予想されるなど，今後もDSLをめぐっては目が離せない状況が続きそうである。

4. ADSLモデムによるサービスの拡大

これまでの章では，主には国内におけるADSLサービスの高速化を追求した競争や取り組み，また標準化活動について述べてきた。

一方，加入者宅内に置かれるADSLモデムについては，伝送速度の高速化に加え，シンプルなブロードバンドルータの機能の提供から始まったものが，サービスの拡大の一途を辿り，VoIP（Voice over IP）機能や無線LANインターフェース機能などを次々に付加していった。今日では，世代を問わず誰にでも手軽にブロードバンドアクセスサービスを享受できるよう，

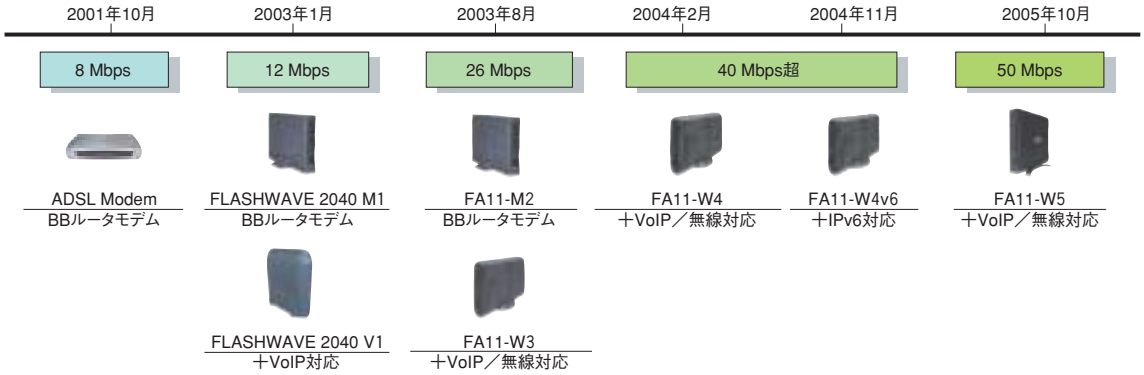


図 4　ADSL モデムの製品化

自動セットアップ機能や，自動ファームウェア更新機能の追加が進み，ADSL サービスの一層の普及を後押しした。

4.1　ADSL モデムの開発

当社の ADSL モデムは，8 Mbps に対応した ADSL サービス用として，2001 年から加入者への提供が開始された。以降，ADSL サービスの高速化，高機能化に合わせて，順次，新モデルを世の中に送り出してきた。

図 4 に各モデルの提供時期とそれらが具備した基本機能を示す。

以下に各 ADSL モデムの特長や機能について紹介する。

1)　ADSL Modem

本モデムは，当社が初めて世の中に送り出した 8 Mbps 対応のブロードバンドルータモデムであり，ADSL インターフェース機能とルータ機能を一体化したものである。ソフトウェアにより設定を切替え，ブリッジタイプとして使用することもでき，加入者のネットワークに合わせた広範囲な適用が可能な作りとなっている。本ルータ機能とブリッジ機能の切り替え利用の思想は，その後の ADSL モデムの開発に引き継がれた機能である。

2)　FLASHWAVE 2040 M1／FLASHWAVE 2040 V1

本モデムは，12Mbps 対応のブロードバンドルータモデムである。M1 モデムは，ADSL インターフェース機能とルータ機能を一体化したものであり，V1 モデムは，12Mbps の ADSL インターフェース機能に加え，VoIP 機能を付加したものであり，当社として ADSL サービス用として世界に先駆けて始めて開発した VoIP 対応 ADSL モデムである。

3)　FA11-M2／FA11-W3

本モデムは，26Mpbs 対応のブロードバンドルータモデムである。M2 モデムは，M1 モデムをベースに ADSL の高速化を図ったものである。W3 モデムは，V1 モデムをベースに，26Mbps へと ADSL の高速化を図り，かつ無線 LAN インターフェース機能を付加したものである。本機能と ADSL インターフェース機能，ルータ機能，VoIP 機能とを合わせ，4 種の機能を統合化して一つのボックスに収容し，加入者の使い勝手を格段に向上することができた。また，W3 モデムから採用したケースデザインは，ある種の生物や器物を連想させ，親しみ易さの点から評判を得た。

4)　FA11-W4

本モデムは，40Mbps 対応ブロードバンドルータモデムである。W3 モデムをベースに，ADSL の一層の高速化を図り，かつインターネット接続設定と VoIP 設定の自動セットアップ機能を付加したのもである。本機能により，従来，加入者は取扱説明書を読みながら各機能を設定していた煩わしさから解放され，より広い世代に手軽に ADSL サービスが利用できるようになった。

5)　FA11-W5

本モデムは，50Mbps 対応の最新のブロードバンドルータモデムである。W4 モデムをベースに，ADSL の更なる高速化を図り，か

つインターネット接続，VoIP設定に加え無線LANインターフェース設定の自動化機能を付加したものである。ADSLサービスの高速化が一段落した今日，本W5モデムが高速化・高機能化の集大成モデムとして，今後，末永く，広く利用されていくことを願って止まない。

4.2 ADSLモデムの高速化と高機能化

ADSLモデムの開発の経緯は，ADSLサービスの高速化と高機能化という二つの命題にチャレンジしてきた歴史でもある。ADSLサービスの高速化対応では，ADSL速度にあわせる形で，12Mbps対応，26Mbps対応，40Mbps超対応，50 Mbps対応モデムについて順次開発を行ってきた。高速化への対応では，ADSLモデムのファームウェアの変更だけでなく，高速化に対応したADSLインターフェース用LSIを新規に採用することがほとんどであり，1年間に2度にまでおよぶ短期間での開発は，市場の要求に応える上で苦労した点である。

高機能化では，映像配信も含めたトリプルプレイに対応するため，ルータ機能に追加する形で，音声DSP採用によるVoIP機能，無線LANインターフェース機能，更に自動セットアップ機能（オートマチック機能）を順次追加した。無線LANインターフェース対応は，本体ADSLモデムに無線LAN AP（Access Point）カードを挿入する形態をとっている。これは，無線LANを使用する加入者が増加していく過渡期においては，ユーザーニーズに合わせてADSLモデムの対応機能を柔軟に変更できるメリットがある。

また，自動セットアップ機能については，インターネットユーザーの裾野を広げる意味でも有意義な機能である。つまり，VoIP，無線LANの普及により，その初期設定の煩雑さに閉口した加入者が多い中，ADSLモデムの電源をオンするだけで，すぐにインターネットを利用できる機能は，お年寄りやパソコンによる設定を不得意とする加入者には好評であったと言える。

さらに，将来を見据えた開発のアプローチも行っており，その代表がIPv4／IPv6（Internet Protocol version 4／version 6）デュアルスタック機能対応である。今後のネットワークのIPv6化への整備に合わせて，必須の機能となっていくと予測している。

以上，約5年間のADSLモデムの開発の歴史の中で，ほぼ8種類ものADSLモデムを世の中に送り出したことになる。ADSLサービスの高速化競争も50Mbps対応で一段落すると考えられ，今後はより高機能化に絞った開発の戦略が必要となろう。インターネット網の普及に合わせて，ADSLモデムを宅内キーステーションとして魅力的な，ユーザーオリエンテッドなサービスを，いかに提供できるかがポイントとなる。セキュアなネットワークの実現の中で，いかにキラーサービスを構築できるかが，今後の展開において必要な要件であろう。

5. むすび

既存の電話回線用メタリックケーブルを使用したADSLブロードバンドアクセスサービスは，50Mbpsという極限にまで高速化され，ADSL事業者間のし烈な事業拡大競争と相まって1400万超の利用者を得ている。FTTHサービスが本格化した今日，メタリックケーブルによるブロードバンドアクセスの役目はどこに向うのであろうか。

一つは，FTTHのラストハーフマイルに適用され，主には既存のマンション構内において100Mbpsの伝送速度を確保し得るVDSLサービスとして今後も経済的なブロードバンドアクセスとして広く利用され続けるであろう。

また，2010年にFTTHサービスの加入数を3000万超とすることが叫ばれているが，そのときにおいてもほぼ2000万の電話回線用のメタリックケーブルが何れにしても残る。そこではロングリーチのDSLサービスの適用が期待される。メタリックケーブルの利用においては，高速性を維持した上での更なる長延化に対しては，あらゆる漏話雑音の抑圧が残された大きな課題であり，LSIデバイステクノロジの更なる進展を得て，最近，実現性が議論されつつあるDSM（Dynamic Spectrum Management）技術がその課題を克服する有効な手段として適用さ

れることが期待される。

また，ADSLサービスの加入者は現在においても毎月，ほぼ10万加入の増加を得ている。ADSLサービスはもはや国民的なブロードバンドアクセスとして成熟した。今後は高速化からユーザーオリエンテッドなさまざまなサービスの提供に一段と目が向けられ，広く加入者に行き渡ったADSLモデムがそのさまざまなサービスを提供する宅内キーステーションとしての役割を担っていくであろう。

参考文献

1) 福田節（共著）：ディジタル信号処理，第5章，加入者線伝送における信号処理，丸善，1994年.
2) 次世代インターネット政策に関する研究会編：IT革命のためのe-JAPANイニシアティブ，クリエート・クルーズ，2000年.
3) 総務省報道資料：ブロードバンドサービス等の契約数（平成17年6月末）：http://www.soumu.go.jp/s-news/2005/ 050831_3.html
4) Walter Y. Chen：“The Development and Standardization of Asymmetrical Digital Subscriber Line”, IEEE Communications Magazine, Volume 37, Number 5, pp.68-72, May 1999.
5) 日経コミュニケーション No.382，2003.1.20.